

PAT-NO: JP02001195599A  
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2001195599 A  
TITLE: METHOD AND DEVICE FOR PROCESSING IMAGE, AND  
IMAGE PROCESSING PROGRAM STORAGE MEDIUM  
PUBN-DATE: July 19, 2001

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
NITTA, TAKAYASU	N/A
MINAMI, TOSHIHIRO	N/A
OGURA, TAKESHI	N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
NIPPON TELEGR & TELEPH CORP <NTT>	N/A

APPL-NO: JP2000005120

APPL-DATE: January 14, 2000

INT-CL (IPC): G06T009/20, G06T007/00

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To accelerate the processing speed by reducing the number of times of converging processing for every pixel value level in a watershed processing in the area dividing processing of an image.

SOLUTION: It is found whether or not each of pixels belongs to a minimal spot (S1), concerning the pixel belonging to no minimal spot, the distance from the closest minimal spot to the relevant pixel is calculated (S2), the propagation permission of a label is set to each of pixels corresponding to the pixel value of the relevant pixel, the distance, the pixel value of the adjacent pixel and the distance (S3), a different label is applied

for every  
minimal spot (S4), the label of the relevant minimal spot is  
propagated only  
between the pixels, to which the propagation from the minimal spot to  
each of  
pixels is permitted (S5), concerning the pixel, to which the label is  
propagated, a new label or watershed is applied corresponding to the  
label of  
the relevant pixel and the propagated label, this processing is  
repeated until  
convergence (S5-S7) and in the case of convergence, the result is  
outputted  
(S8).

COPYRIGHT: (C) 2001, JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-195599

(P2001-195599A)

(43) 公開日 平成13年7月19日 (2001.7.19)

(51) Int.Cl.

識別記号

F I

テーマコード(参考)

G 0 6 T 9/20  
7/00

G 0 6 F 15/70  
15/62  
15/70

3 4 0 5 B 0 5 7  
4 1 5 5 L 0 9 6  
3 3 0 A 9 A 0 0 1

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2000-5120 (P2000-5120)

(22) 出願日 平成12年1月14日 (2000.1.14)

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都千代田区大手町二丁目3番1号

(72) 発明者 新田 高庸

東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日

本電信電話株式会社内

(72) 発明者 南 俊宏

東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日

本電信電話株式会社内

(74) 代理人 100087848

弁理士 小笠原 吉義 (外1名)

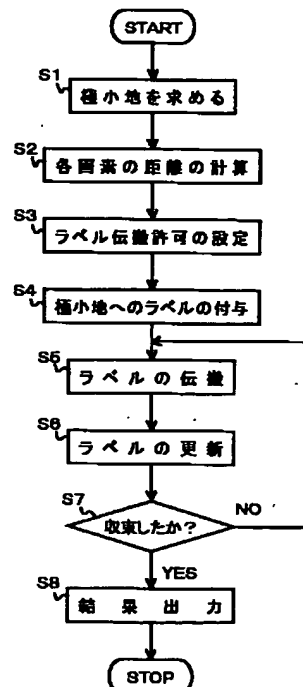
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 画像処理方法、画像処理装置および画像処理プログラム記憶媒体

(57) 【要約】

【課題】 画像の領域分割処理の分水嶺処理において、画素値レベルごとの収束処理の回数を削減して、処理速度を向上させる。

【解決手段】 各画素が極小地に属するかどうかを求め (S1)、どの極小地にも属さない画素に対して最も近い極小値から当該画素までの距離を計算し (S2)、各画素に、当該画素の画素値、距離、および隣接画素の画素値および距離に応じてラベルの伝搬許可を設定し (S3)、各極小地ごとに異なるラベルを付与し (S4)、極小地から各画素へ伝搬が許可された画素間でのみ当該極小地のラベルを伝搬し (S5)、ラベルが伝搬された画素は、当該画素のラベルと伝搬してきたラベルとに応じて新たなラベルまたは分水嶺を付与し、これらの処理を収束するまで繰り返し (S5-7)、収束すればその結果を出力する (S8)。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 画像の領域分割処理の一種である分水嶺処理を行う画像処理方法において、各画素が極小地に属するかどうかを求め、どの極小地にも属さない各画素に対しては、最も近い極小地から当該画素までの距離を計算し、各画素に対して当該画素の画素値と距離、および隣接画素の画素値と距離に応じて隣接画素から当該画素へのラベルの伝搬許可を設定し、各極小地には極小地ごとに異なるラベルを付与し、極小地から各画素へ伝搬が許可された画素間でのみ当該極小地のラベルを伝搬し、ラベルが伝搬してきた画素は当該画素のラベルと伝搬してきたラベルとに応じて新たなラベルまたは分水嶺を付与し、この伝搬処理を収束するまで繰り返し、収束すればその結果を分水嶺処理の結果として出力することを特徴とする画像処理方法。

【請求項2】 前記極小地と極小地から画素までの距離とを求める際に、すべての画素に対して、距離を十分大きな値MAXで初期化し、各画素について、画素値が当該画素の画素値より真に小さいような隣接画素が存在すれば、当該画素の距離を1とし、以下、各画素について、画素値の等しい隣接画素の持つ距離の最小値に1加えたものと当該画素の距離との最小値を新たな当該画素の距離とするという処理を収束するまで繰り返し、その結果、距離が前記大きな値MAXの画素を極小地とし、また、距離が前記大きな値MAXでない画素に対しては、画素値とここで求めた距離とを合わせた2つ組を新たに距離とすることを特徴とする請求項1記載の画像処理方法。

【請求項3】 前記ラベルの伝搬許可の設定の際に、隣接画素のうち画素値が当該画素の画素値よりも小さい画素、または、隣接画素のうち画素値が同じでかつ距離が当該画素の距離よりも小さい画素に対してのみ、当該画素へのラベルの伝搬許可を設定することを特徴とする請求項1記載の画像処理方法。

【請求項4】 前記極小地へラベルを付与する際に、極小地である画素に対して、その画素の画素識別子をラベルとし、隣接画素のうち極小地である画素とラベルを比較し、小さい方または大きい方を新たなラベルとして選択するという処理を収束するまで繰り返すことを特徴とする請求項1記載の画像処理方法。

【請求項5】 前記画素のラベルと伝搬してきたラベルとから新たなラベルを求める際に、画素のラベルと伝搬してきたラベルとがすべて一致すれば、当該ラベルを新たなラベルとし、画素のラベルと伝搬してきたラベルとで不一致が存在すれば、分水嶺とすることを特徴とする請求項1記載の画像処理方法。

【請求項6】 画像の領域分割処理の一種である分水嶺処理を行うための画像処理装置であって、画素数分のプロセッシング・エレメントを持ち、全プロセッシング・エレメントはメッシュ結合され、各プロセッシング・エ

レメントは、画素値および極小地からの距離および伝搬許可フラグおよびラベルを格納する記憶手段と、隣接プロセッシング・エレメントへ画素値および極小地およびラベルを伝搬するデータ伝搬手段と、伝搬してきたデータを伝搬許可フラグにしたがって許可するかどうかを決定する伝搬許可手段と、伝搬してきたデータと当該プロセッシング・エレメントの持つデータとを比較する比較手段とを有するプロセッシング・エレメント・アレイ部と、前記プロセッシング・エレメントを制御する制御部と、各プロセッシング・エレメントに対してデータの入出力を行う入出力部とを備え、前記制御部は、各画素が極小地に属するかどうかを求め、どの極小地にも属さない各画素に対しては、最も近い極小地から当該画素までの距離を計算し、各画素に対して当該画素の画素値と距離、および隣接画素の画素値と距離に応じて隣接画素から当該画素へのラベルの伝搬許可を設定し、各極小地には極小地ごとに異なるラベルを付与し、極小地から各画素へ伝搬が許可された画素間でのみ当該極小地のラベルを伝搬し、ラベルが伝搬してきた画素は当該画素のラベルと伝搬してきたラベルとに応じて新たなラベルまたは分水嶺を付与し、この伝搬処理を収束するまで繰り返すように、前記プロセッシング・エレメントを制御することを特徴とする画像処理装置。

【請求項7】 画像の領域分割処理の一種である分水嶺処理をコンピュータによって実現するための画像処理プログラムを格納した記憶媒体であって、画像を入力する入力プロセスと、各画素が極小地に属するかどうかを求める極小地判定プロセスと、どの極小地にも属さない各画素に対しては、最も近い極小地から当該画素までの距離を計算する距離計算プロセスと、各画素に対して当該画素の画素値と距離、および隣接画素の画素値と距離に応じて隣接画素から当該画素へのラベルの伝搬許可を設定する伝搬許可設定プロセスと、各極小地には極小地ごとに異なるラベルを付与するラベルづけプロセスと、極小地から各画素へ伝搬が許可された画素間でのみ当該極小地のラベルを伝搬するラベル伝搬プロセスと、ラベルが伝搬してきた画素は当該画素のラベルと伝搬してきたラベルとに応じて新たなラベルまたは分水嶺を付与するラベル更新プロセスと、このラベル伝搬プロセスの収束判定プロセスと、収束すればその結果を分水嶺処理の結果として出力する出力プロセスとを、コンピュータに実行させるプログラムを格納したことを特徴とする画像処理プログラム記憶媒体。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、画像処理技術に係り、特に、画像の領域分割処理において、分水嶺（ウォーターシェド(watershed)）処理を高速に行うための画像処理方法、画像処理装置および画像処理プログラム記憶媒体に関する。

## 【0002】

【従来の技術】まず、分水嶺処理について説明する。画像は、各画素値を高度とみなすことによって、画像を一つの地形とみなすことができる。この地形に対して上から均等に水をかけたとき、水は地形のスロープに沿って流れ落ちていき、くぼみに溜る。このくぼみのことを集水盆地(catchment basin)といい、集水盆地の底を極小地(minimum)という。また、複数の集水盆地が接するところを分水嶺(watershed)という。図3に、分水嶺、集水盆地、極小地の例を示す。

【0003】分水嶺処理とは、ある画像が与えられたときに、その画像の分水嶺を求める処理のことである。以下では、これらを形式的に定義する。なお、詳細は下記の参考文献等に記載されている。

【0004】[参考文献]: Luc Vincent and Pierre S\*

$$d_A(x, y) = \inf \{ \text{全体がAに含まれる} x \text{ から } y \text{ への経路の長さ} \} \quad (2)$$

であると定義する。ここで  $\inf$  は下限を表す。図4は、測地線距離を説明するための図である。集合A内での画素xと画素yとの測地線距離  $d_A(x, y)$  とは、図4に示す経路Pの長さである。

【0007】この測地線距離は、画素と画素集合との距離にも自然に拡張できる。集合  $A \subset D_I$  内での画素xと画素集合  $B \subset D_I$  との測地線距離  $d_A(x, B)$  とは、

【0008】

【数1】

$$i_{ZA}(B_i) = \{ p \in A \mid \forall j \in [1, k] \setminus \{i\}, d_A(p, B_i) < d_A(p, B_j) \} \quad (4)$$

である。図5は、影響地域を説明するための図であり、ある集合Aが、複数の連結成分  $B_1, B_2, B_3$  からなる集合Bを包含している。このとき、 $B_1$  のAにおける影響地域  $i_{ZA}(B_1)$  を図示している。全ての  $i_{ZA}(B_i)$  の和集合を  $I_{ZA}(B) = \cup_i i_{ZA}(B_i)$  ★

$$1. X_{h_{\min}} = T_{h_{\min}}(I)$$

$$2. \forall h \in [h_{\min}, h_{\max} - 1],$$

$$X_{h+1} = \min_{h+1}(I) + IZ_{T_{h+1}(I)}(X_h) \quad (5)$$

$$3. X(I) = X_{h_{\max}}$$

【0013】ここで  $h_{\min}, h_{\max}$  はそれぞれIの最小値、最大値である。X(I)の補集合が分水嶺となる。

【0014】次に、従来の分水嶺処理の処理方法について説明する。従来、分水嶺は上述の定義にしたがって、以下のように求めている。まず最初に、入力画像Iが与えられたとき、 $h_{\min}$  および  $h_{\max}$  を求める。次に  $X_{h_{\min}}$  に  $T_{h_{\min}}$  を代入する(添字  $h_{\min}$  は、 $h_{\min}$  を縮小したものを表す)。ここで、 $X_{h_{\min}}$  の各連結成分(極小地)を識別するためのラベルづけを行う。以下、kを  $h_{\min}$  から  $h_{\max}$  まで1ずつ増やしながら、 $X_k$  を式(5)に従って求める。最後に、Iの定義域  $D_I$  から  $X_{k+1}$  を引いて分水嶺  $W_{SHED}(I)$  を求める。

\*oille. Watersheds in digital spaces: An efficient algorithm based on immersion simulations. Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.13, No.6, pp.583-598, June 1991.

画像I(定義域  $D_I$ )に対して、画素値がh以下の画素の集合を  $T_h(I)$  と書く。

【0005】

$$T_h(I) = \{ p \in D_I \mid I(p) \leq h \} \quad (1)$$

また、高さhの極小地の集合を  $\min_h(I)$  と書く。

10 なお、極小地とは、ある画素pからその画素pの画素値  $I(p)$  と等しい画素値のみを経て、その画素pの画素値  $I(p)$  より小さい画素値を持つ画素への経路が存在しないような画素の集合である。

【0006】集合  $A \subset D_I$  内での画素xと画素yとの測地線距離(geodesic distance)  $d_A(x, y)$  とは、

$$\star d_A(x, B) = \min_{y \in B} (d_A(x, y)) \quad (3)$$

【0009】である。

20 【0010】測地線距離を用いて、影響地域(influence zone)を以下のように定義する。ある集合Aが、複数の連結成分  $B_1, B_2, \dots, B_k$  からなる集合Bを包含しているとする。このとき、各  $B_i$  のAにおける影響地域  $i_{ZA}(B_i)$  とは、

★と書く。

【0011】集水盆地の集合  $X(I)$  は、以下の再帰的な定義で示される。

【0012】

【数2】

☆【0015】上述の  $X_k$  を求めるための式(5)において、各kに対して2つの集合  $\min_{k+1}(I)$  および  $I Z_{T_{k+1}(I)}(X_k)$  (添字  $T_{k+1}(I)$  は、 $T_{k+1}(I)$  を縮小したものを表す)とを計算する必要がある。以下でこの2つの集合の求め方を説明する。

【0016】 $I Z_{T_{k+1}(I)}(X_k)$  は以下のようにして計算する。

【0017】1.  $x \in X_k$  である画素は、 $X_k$  のラベルをつける。

【0018】2.  $x \in T_{k+1}$  かつ  $x \in \neg X_k$  ( $x \in X_k$  ではないx)の画素については、以下のような規則を収束するまで繰り返す。

・xの隣接画素にラベルづけされたものがなければ、何もしない。

・xの隣接画素にラベルづけされたものがただ1つ存在すれば、そのラベルをxに付ける。

・xの隣接画素にラベルづけされたものが2つ以上存在すれば、何もしない。

【0019】この結果、 $X_k$ の各ラベルが $T_{k+1}$ の影響地域に伝搬する。ただし、分水嶺と $\min_{k+1}$ にはラベルが付かない。ラベルのある画素の集合が $I_{Z_{T_{k+1}}(I)}(X_k)$ となる。

【0020】次に $\min_{k+1}(I)$ を求めるために、再構築(reconstruction) $Rec_{T_{k+1}}(I)(X_k)$ という処理を定義する。これは上述の影響地域を求める処理とよく似ているが、分水嶺に対する処理が異なる。

$$\min_{k+1}(I) = T_{k+1}(I) \setminus Rec_{T_{k+1}}(I)(X_k) \quad (6)$$

【0025】ここで求めた $\min_{k+1}(I)$ のそれぞれの連結成分には識別するためのラベルづけを施す。

【0026】

【発明が解決しようとする課題】従来の技術によれば、以下のような問題点がある。ある画素値レベルでの処理とほかの画素値レベルでの処理とは、処理される画素集合は互いに共通部分を持たないが、分水嶺処理では低い画素値レベルでの結果が高い画素値レベルでの結果に影響するため、分水嶺を低い画素値レベルから高い画素値レベルへと、各画素値のレベルごとに逐次的に求めている。このため、全画素値レベル数( $h_{max} - h_{min} + 1$ 、例えば256)回の画素値レベルでの処理が必要となる。さらに、そのそれぞれの画素値レベルの処理において、分水嶺および影響地域を求めるために収束処理を行う。この収束処理には、膨大な処理時間がかかる。このように、従来技術では全体の処理時間が膨大になるという問題点がある。

【0027】本発明は、上記の点に鑑みなされたもので、すべての画素値レベルでの収束処理を一度にまとめることによって、収束処理の回数を大幅に削減し、定義通りの手順で処理した場合と同じ結果を与えながら、その結果、処理速度を向上させることができる分水嶺処理を行う画像処理技術を提供することを目的とする。

【0028】

【課題を解決するための手段】図1は、本発明の原理を説明するための図である。

【0029】第1の発明は、画像の領域分割処理の一種である分水嶺処理を行うための画像処理方法において、各画素が極小地(ある画素からその画素の画素値と等しい画素値のみを経て、その画素の画素値より小さい画素値を持つ画素への経路が存在しないような画素の集合)に属するかどうかを求め(ステップS1)、どの極小地にも属さない各画素に対しては、最も近い極小地から当該画素までの距離を計算し(ステップS2)、各画素に※50

\*【0021】1.  $x \in X_k$ である画素は、 $X_k$ のラベルをつける。

【0022】2.  $x \in T_{k+1}$ かつ $x \in \neg X_k$ ( $x \in X_k$ ではないx)の画素については、以下のような規則を収束するまで繰り返す。

・xの隣接画素にラベルづけされたものがなければ、何もしない。

・xの隣接画素にラベルづけされたものが1つ以上存在すれば、そのうちのいずれかのラベルをxに付ける。

10 【0023】ラベルのある画素の集合が $Rec_{T_{k+1}}(I)(X_k)$ となる。 $\min_{k+1}(I)$ は $T_{k+1}(I)$ から $Rec_{T_{k+1}}(I)(X_k)$ を引くことによって求める。

【0024】

【数3】

※対して当該画素の画素値と距離、および隣接画素の画素値と距離に応じて隣接画素から当該画素へのラベルの伝搬許可を設定し(ステップS3)、各極小地には極小地ごとに異なるラベルを付与し(ステップS4)、極小地から各画素へ伝搬が許可された画素間でのみ当該極小地のラベルを伝搬し(ステップS5)、ラベルが伝搬してきた画素は当該画素のラベルと伝搬してきたラベルとに応じて新たなラベルまたは分水嶺を付与し(ステップS6)、この伝搬処理を収束するまで繰り返す(ステップS5、S6、S7)、収束すればその結果を分水嶺処理の結果として出力する(ステップS8)ことを特徴とする。

30 【0030】これによって分水嶺処理を行う際に、すべての画素値レベルでの収束処理を一度にまとめて行うことができるため、処理速度を向上させることができる。

【0031】第2の発明は、前記極小地と極小地から画素までの距離とを求める際に、すべての画素に対して、距離を十分大きな値MAXで初期化し、各画素について、画素値が当該画素の画素値より真に小さいような隣接画素が存在すれば、当該画素の距離を1(ある単位値)とし、以下、各画素について、画素値の等しい隣接画素の持つ距離の最小値に1加えたものと当該画素の距離との最小値を新たな当該画素の距離とするという処理を収束するまで繰り返す、その結果、距離がMAXの画素を極小地とし、また、距離がMAXでない画素に対しては、画素値とここで求めた距離とを合わせた2つ組を新たに距離とすることを特徴とする。

40 【0032】極小地からの距離を求めるには、まず極小地を求め、それから極小地に属さない画素に対して極小地からの距離を求めればよい。しかし、この手法では、極小地計算処理と距離計算処理との2つの計算処理過程を逐次的に行わなければならない。特に、この第2の発明によれば、各画素について画素値内の距離を求めることによって、最終的に距離が初期値のままの画素集合が

極小地となるため、最初に極小地を求める必要がなく、極小地からの距離を求めることができる。したがって、処理時間を短縮することができる。

【0033】第3の発明は、前記ラベルの伝搬許可の設定の際に、隣接画素のうち画素値が当該画素の画素値よりも小さい画素、または、隣接画素のうち画素値が同じでかつ距離が当該画素の距離よりも小さい画素に対してのみ、当該画素へのラベルの伝搬許可を設定することを特徴とする。

【0034】分水嶺処理において、ラベルは、a) 隣接する画素のうち画素値が当該画素の画素値よりも小さい画素か、b) 隣接する画素のうち画素値が当該画素の画素値と等しく、かつ、極小地への距離が当該画素よりも小さい画素か、のいずれかから伝搬する。第3の発明によれば、このラベルの伝搬してくる方向を各画素単位に画素値に関係なく設定することができるため、伝搬を画素値に依存することなく各画素並列に処理することができる。

【0035】第4の発明は、前記極小地へラベルを付与する際に、極小地である画素に対して、その画素の座標値または画素番号などの画素識別子をラベルとし、隣接画素のうち極小地である画素とラベルを比較し、小さい方または大きい方を新たなラベルとして選択するという処理を収束するまで繰り返すことを特徴とする。

【0036】極小地へのラベルづけでは、各極小地に異なるラベルをつける必要がある。この第4の発明によれば、すべての極小地に対して並列してラベルづけすることができる。

【0037】第5の発明は、前記画素のラベルと伝搬してきたラベルとから新たなラベルを求める際に、画素のラベルと伝搬してきたラベルとがすべて一致すれば、当該ラベルを新たなラベルとし、画素のラベルと伝搬してきたラベルとで不一致が存在すれば、分水嶺とすることを特徴とする。

【0038】この第5の発明によって、分水嶺となる画素を並列に、しかも画素値に依存せずに求めることができる。

【0039】第6の発明は、画像の領域分割処理の一種である分水嶺処理を行うための画像処理装置であって、画素数分のプロセッシング・エレメント (PE) を持ち、全PEはメッシュ結合され、各PEは、画素値および極小地からの距離および伝搬許可フラグおよびラベルおよび隣接PEのデータを格納する記憶手段と、隣接PEへ画素値および極小地およびラベルを伝搬するデータ伝搬手段と、伝搬してきたデータを伝搬許可フラグにしたがって許可するかどうかを決定する伝搬許可手段と、伝搬してきたデータと当該PEの持つデータとを比較する比較手段とを有するプロセッシング・エレメント (PE) ・アレイ部と、全PEを制御する制御部と、各PEに対してデータの出入力を行う入出力部とを備えること

を特徴とする。

【0040】特に、この第6の発明による装置を用いることによって、分水嶺を画素ごとに並列に処理するにあたって、極めて高速に処理することができる。

【0041】第7の発明は、画像の領域分割処理の一種である分水嶺処理を行うための画像処理プログラムを格納した記憶媒体であって、画像を入力する入力プロセスと、各画素が極小地 (ある画素からその画素の画素値と等しい画素値のみを経て、その画素の画素値より小さい画素値を持つ画素への経路が存在しないような画素の集合) に属するかどうかを求める極小地判定プロセスと、どの極小地にも属さない各画素に対しては、最も近い極小地から当該画素までの距離を計算する距離計算プロセスと、各画素に対して当該画素の画素値と距離、および隣接画素の画素値と距離に応じて隣接画素から当該画素へのラベルの伝搬許可を設定する伝搬許可設定プロセスと、各極小地には極小地ごとに異なるラベルを付与するラベルづけプロセスと、極小地から各画素へ伝搬が許可された画素間でのみ当該極小地のラベルを伝搬するラベル伝搬プロセスと、ラベルが伝搬してきた画素は当該画素のラベルと伝搬してきたラベルとに応じて新たなラベルまたは分水嶺を付与するラベル更新プロセスと、このラベル伝搬プロセスの収束判定プロセスと、収束すればその結果を分水嶺処理の結果として出力する出力プロセスとを、プロセッサ (コンピュータ) に実行させるプログラムを格納することを特徴とする。

【0042】上記プログラムは、コンピュータが読み取り可能な可搬媒体メモリ、半導体メモリ、ハードディスクなどの適当な記憶媒体に格納することができる。

【0043】

【発明の実施の形態】以下では、本発明の実施の形態を説明する。なお、以下の例では隣接関係として、4隣接 (上下左右) グリッドとするが、本発明は6隣接、8隣接などほかの隣接関係に対してもそのまま適用することができる。

【0044】〔実施の形態1〕実施の形態1では、第1の発明の例を示す。入力として式 (7) の3行4列の画像を考える。

【0045】

【数4】

$$\begin{pmatrix} 0 & 1 & 2 & 2 \\ 1 & 1 & 2 & 2 \\ 1 & 2 & 1 & 1 \end{pmatrix} \quad (7)$$

【0046】また、各画素の座標値を式 (8) のような記号で参照することとする。

【0047】

【数5】

$$\begin{pmatrix} a & b & c & d \\ c & f & g & h \\ i & j & k & l \end{pmatrix} \quad (8)$$

【0048】例えば、画素aの画素値は0である。

【0049】図1のステップS1では、与えられた入力に対して極小地を求める（実施の形態2参照）。本例で\*

$$(x_1, y_1) < (x_2, y_2)$$

$$\Leftrightarrow x_1 < x_2, \text{ or } (x_1 = x_2 \text{ and } y_1 < y_2) \quad (9)$$

である。極小地の画素a, k, lにおける画素値内の 10※1)となる。

距離は0となる。ステップS2までの処理結果を式(10)に示す。

【0051】

【数6】

$$\begin{pmatrix} (0,0) & (1,1) & (2,1) & (2,2) \\ (1,1) & (1,2) & (2,1) & (2,1) \\ (1,2) & (2,1) & (1,0) & (1,0) \end{pmatrix} \quad (10)$$

【0052】本例では、例えば画素gの距離は(2, ※

$$\begin{pmatrix} (0,0,0,0) & (0,0,1,0) & (0,0,1,0) & (0,0,1,1) \\ (1,0,0,0) & (1,0,1,0) & (0,0,1,1) & (0,0,0,1) \\ (1,0,0,0) & (1,1,1,0) & (0,0,0,0) & (0,0,0,0) \end{pmatrix} \quad (11)$$

【0055】例えば、画素gの伝搬許可は(0, 0, 1, 1)であるから、左の画素および下の画素からのラベルの伝搬を許可していることを表す。

【0056】ステップS4では、各極小地にラベルを付与する（実施の形態4参照）。極小地のラベルを式(12)に示す。ここで、-はラベルが未定義であることを示す。画素lは、画素kと同じ極小地に属するので、同じラベルkとなる。

【0057】

【数8】

$$\begin{pmatrix} a & - & - & - \\ - & - & - & - \\ - & - & k & k \end{pmatrix} \xrightarrow{\star} \begin{pmatrix} a & a & - & - \\ a & - & k & k \\ - & k & k & k \end{pmatrix} \rightarrow \begin{pmatrix} a & a & a & k \\ a & a & k & k \\ a & k & k & k \end{pmatrix} \rightarrow \begin{pmatrix} a & a & a & w \\ a & a & w & k \\ a & w & k & k \end{pmatrix} \quad (13)$$

【0060】ステップS5およびS6は、収束判定（ステップS7）によって収束するまで繰り返され、収束するとその結果を出力する（ステップS8）。

【0061】〔実施の形態2〕実施の形態2では、第2の発明の例を示す。入力として、実施の形態1と同じ式(7)を考える。すべての距離をMAXに初期化する。各画素について、画素値が当該画素の画素値より真に小さいような隣接画素が存在すれば、当該画素の距離を1とする（式(14)）。

\*は、画素a, k, lが極小地に属す。

【0050】ステップS2では、極小地に属さない各画素に対して、最も近い極小地からの距離を計算する（実施の形態2参照）。なお、ここでの距離は、画素値xとその画素値内の距離yとの2つ組(x, y)で表すこととし、距離の大小関係は、

【0053】ステップS3では、ラベルの伝搬許可を設定する（実施の形態3参照）。ラベルの伝搬許可を(N; E, W, S)の4つ組で表す。ここで、N, E, W, Sはそれぞれ上, 右, 左, 下の画素からの伝搬の許可に対応し、0ならば許可しないことを、1ならば許可することをそれぞれ表す。式(10)より、ラベルの伝搬許可は式(11)となる。

【0054】

【数7】

$$\star \begin{pmatrix} a & - & - & - \\ - & - & - & - \\ - & - & k & k \end{pmatrix} \quad (12)$$

【0058】ステップS5およびS6では、極小地のラベルを伝搬許可にしたがって各画素に伝搬し、各画素で新たなラベルを設定する（実施の形態5参照）。式(13)に伝搬の様子を示す。ここで、wは分水嶺を表す。

【0059】

【数9】

☆【0062】

【数10】

$$\begin{pmatrix} MAX & 1 & 1 & MAX \\ 1 & MAX & 1 & 1 \\ MAX & 1 & MAX & MAX \end{pmatrix} \quad (14)$$

【0063】本例では、画素b, e, および画素g, h, jが距離1となる。

☆50 【0064】以下、各画素について、画素値の等しい隣



接画素の持つ距離の最小値に1加えたものと当該画素の距離との最小値を当該画素の距離とするという処理を収束するまで繰り返す。

【0065】

【数11】

$$\begin{pmatrix} \text{MAX} & 1 & 1 & 2 \\ 1 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & \text{MAX} & \text{MAX} \end{pmatrix} \quad (15)$$

【0066】本例では、画素d、f、iがそれぞれ距離 10 2となる。

【0067】距離がMAXである画素a、k、lは極小地に属する画素となる。また、距離がMAXでない画素に対しては、画素値とここで求めた距離とを合わせた2つ組を新たに距離とする(式(10))。本例では、例えば画素gの画素値が2であり、距離が1であるので、新たに距離を(2, 1)と設定する。

【0068】〔実施の形態3〕実施の形態3では、第3の発明の例を示す。式(10)を用いて、ラベルの伝搬許可を設定する。

【0069】隣接画素のうち画素値が当該画素の画素値よりも小さい画素、または、隣接画素のうち画素値が同じでかつ距離が当該画素の距離よりも小さい画素に対してのみ、当該画素へのラベルの伝搬許可を設定する(式(11))。本例では、例えば画素gでは、左の画素fおよび下の画素kの距離が画素gの距離よりも小さいので、ラベルの伝搬を許可する。

【0070】〔実施の形態4〕実施の形態4では、第4の発明の例を示す。入力画像、式(7)での極小地に属する画素は、式(10)より、画素a、k、lであるので、まず、それぞれの画素に自身の座標値をラベルとして付与する。

【0071】

【数12】

$$\begin{pmatrix} a & - & - & - \\ - & - & - & - \\ - & - & k & l \end{pmatrix} \quad (16)$$

【0072】次に、隣接画素のうち極小地である画素とラベルを比較し、小さい方または大きい方を新たなラベルとして選択するという処理を収束するまで繰り返す。本例では、画素lは隣接画素で極小地に属するkと、ラベルを比較し、kを新たなラベルとして選択する。

【0073】〔実施の形態5〕実施の形態5では、第5の発明の例を示す。本例では、画素gは、はじめ下の画素kよりラベルの伝搬を受ける。これにより、画素gのラベルはkとなる(式(13)の2つ目の行列)。

【0074】次の伝搬でも、画素gは下の画素kからのみラベルの伝搬を受け、それが画素g自身のラベルと一致するので当該ラベルをkとする(式(13)の3つ目の行

列)。次の伝搬では、画素gは下の画素kからkのラベル、左の画素fからaのラベル、それぞれの伝搬を受ける。このため、画素gの新たなラベルは分水嶺wとなる。

【0075】図2は、本発明の実施に用いる画像処理装置の構成例を示す図である。図2に示す画素処理装置は、画像の領域分割処理の一種である分水嶺処理を行うために、画素数分のプロセッシング・エレメント(PE)10からなるプロセッシング・エレメント(PE)・アレイ部1と、全PE10を制御する制御部2と、各PE10に対してデータの入出力を行う入力部3および出力部4とを備える。

【0076】これらのPE10はメッシュ結合され、各PE10は、記憶手段11とデータ伝搬手段12と伝搬許可手段13と比較手段14とを持つ。記憶手段11には、PE10が担当する画素の画素値を記憶する画素値記憶部111、極小地からの距離を記憶する距離記憶部112、ラベルを記憶するラベル記憶部113、隣接PEのデータを記憶する隣接PEデータ記憶部114、および伝搬許可フラグを記憶する伝搬許可フラグ記憶部115が設けられている。

【0077】データ伝搬手段12は、隣接PEへ画素値、極小地およびラベルを伝搬する。伝搬許可手段13は、伝搬してきたデータを伝搬許可フラグにしたがって許可するかどうかを決定する。比較手段14は、伝搬してきたデータと当該PE10の持つデータとを比較する。

【0078】制御部2は、すべてのPE10に対し、一度に1つの命令を発行する。各PE10は、制御部2からの命令に従って、全PE並列に演算を実行する。この装置は、いわゆるSIMD(Single Instruction stream, Multiple Data streams)型プロセッサである。

【0079】図1に示す処理を実行するためのプログラムは、制御部2に格納されており、演算を行うためのデータは、各PE10が内部の記憶手段11に格納しているか、または制御部2から供給される。制御部2は、任意のPE10の演算結果を取得することができる。

【0080】なお、図2に示すプロセッシング・エレメント・アレイ部1を持つ装置による実現方法を説明したが、もちろん本発明はこれに限られるわけではなく、SIMD型ではない汎用のコンピュータ等を用いた実現も同様に可能である。

【0081】

【発明の効果】上述のように、本発明によれば、分水嶺処理を行う際にすべての画素値レベルでの収束処理を一度にまとめて行うことができるため、処理速度を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の原理を説明するための処理フロー図である。

【図2】本発明による画像処理装置の構成図である。

【図3】分水嶺、集水盆地、極小地を説明するための図である。

【図4】潤地線距離を説明するための図である。

【図5】影響地域を説明するための図である。

【符号の説明】

- 1 プロセッシング・エレメント (PE) ・アレイ部  
2 制御部

3 入力部

4 出力部

10 プロセッシング・エレメント (PE)

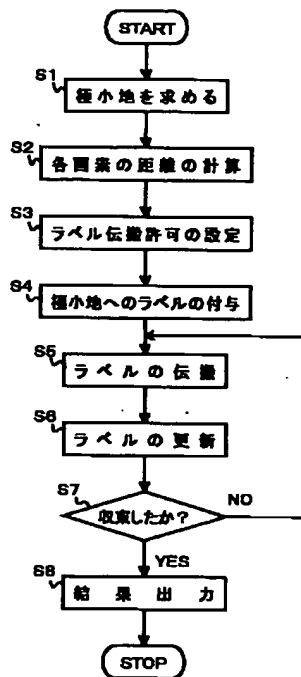
11 記憶手段

12 データ伝搬手段

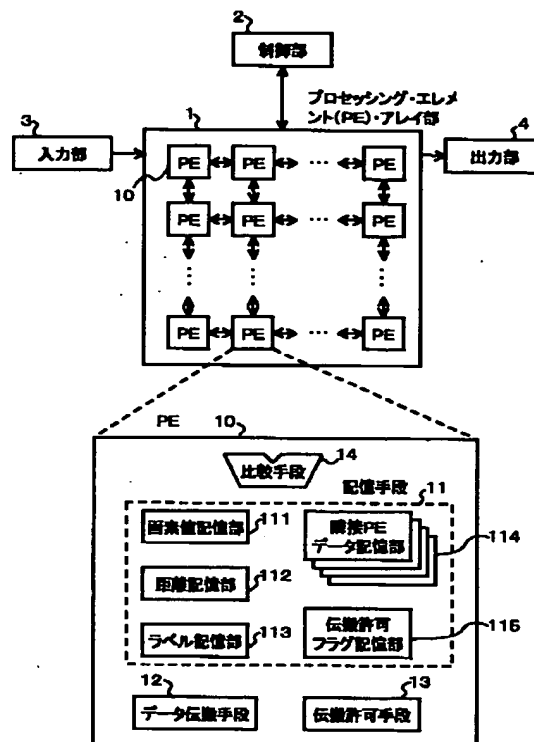
13 伝搬許可手段

14 比較手段

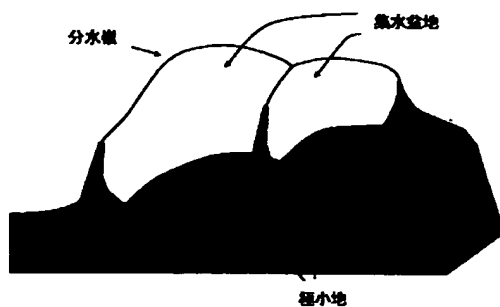
【図1】



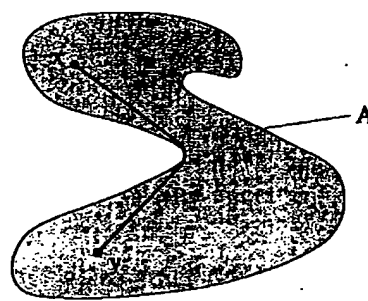
【図2】



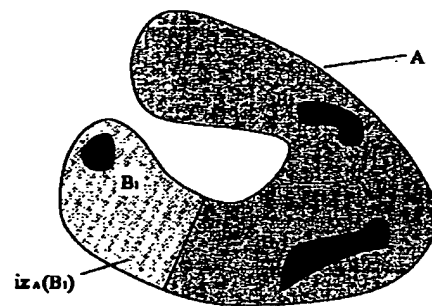
【図3】



【図4】



【図5】



---

フロントページの続き

(72)発明者 小倉 武  
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日  
本電信電話株式会社内

Fターム(参考) 5B057 AA20 DA08 DC03 DC14 DC17  
5L096 BA20 FA06 FA66 GA34  
9A001 BB02 BB06 DD15 GG01 GG04  
HH23

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☒ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**